

Представлені наявні на даний момент трактування методу зони дилеми. Виявлено, що всі вони містять в собі «вузькі» місця й узагальненості. Коротко представлені наявні дисертаційні напрацювання з удосконалення методу зони дилеми.

Ключові слова: зіткнення з ударом ззаду, зона дилеми, перехідний інтервал.

Представлены имеющиеся на данный момент трактовки метода зоны дилеммы. Виявлено, что все они содержат в себе «узкие» места и обобщенности. Кратко представлены имеющиеся диссертационные наработки по усовершенствованию метода зоны дилеммы.

Ключевые слова: столкновения с ударом сзади, зона дилеммы, переходной интервал.

Represented by currently available treatment methods zone dilemma. Revealed that they contain «narrow» places and generalization. Summarized the available studies for dissertation improvement methods zone dilemma.

Keywords: collision with the rear impact zone dilemma, the transition interval.

УДК 656

ЗОНА ДИЛЕММЫ: СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДИКИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ

Д. П. Ходоскин

Аспирант кафедры «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения»,
Белорусский Национальный Технический Университет,
пр-т Независимости, 65, г. Минск,
Республика Беларусь, 220013
Контактный тел.: 8 (0232) 606536, 8 (029) 7339612
E-mail: mihh-19@mail.ru

1. Введение

Несмотря на то, что столкновения с ударом сзади занимают далеко не первое место по числу погибших и раненых, однако с экономической точки зрения, на этот вид аварий приходится большие материальные потери. Из-за большого количества (в России ежегодно порядка 33 %, в США примерно 30 %, по данным исследований в г. Гомеле, Республика Беларусь (РБ) — 51,3 % [1, 2, 3]) данный вид стоит на первом месте по причиняемому материальному ущербу. Сегодня проблема причинности и прогнозирования столкновений с ударом сзади недостаточно исследована. Требуется дополнительное внимание уделить углубленному изучению, расширению и развитию подходящего аналитического метода исследования столкновений с ударом сзади.

2. Классификация существующих методов

Все современные методы исследования столкновений с ударом сзади можно свести к пяти основным: очаговый анализ, вероятностное моделирование движения лидирующего и ведомого автомобилей, динамические модели, теория следования за лидером и метод зоны дилеммы (в части определения ее местоположения, выявления сопутствующих параметров конфликтного объекта и транспортного потока, а также разработки мероприятий по нейтрализации ее влияния).

Однако наилучшим методом был выбран метод зоны дилеммы, так как он оптимальнее других подходит для изучения механизма столкновений с ударом сзади. Все имеющиеся на данный момент трактовки данного метода — и зарубежные (США), и отечественные (РБ) — содержат в себе неточности и обобщенности. Таким образом, в данной статье автором кратко представлены имеющиеся

диссертационные наработки по рассматриваемому методу и на основе анализа их недостатков (имеется ввиду, существующих трактовок) предложена новая усовершенствованная трактовка метода зоны дилеммы.

3. Постановка проблемы

Сначала необходимо определиться с понятием зоны дилеммы (причем здесь и далее речь идет о зоне перед регулируемым перекрестком (РПК)). В общем виде это отрезок дороги, попадая на который водитель должен сделать выбор — либо ускориться и проехать перекресток, либо резко затормозить и остановиться перед стоп-линией.

Зона дилеммы наиболее часто возникает у водителя, когда он, находясь на некотором расстоянии от РПК, видит, что для него загорается желтый сигнал (ЖС). Если в зону дилеммы попадает одновременно несколько водителей, то принимаемые ими решения могут оказаться различными. В том случае, если водитель лидирующего автомобиля примет решение остановиться, то водитель ведомого автомобиля в любом случае, независимо от того, какое решение принял он до того, также будет вынужден остановиться. При этом из-за потери времени на перемену своего решения, малых интервалов времени между движущимися автомобилями и резкого торможения лидирующего автомобиля вероятность столкновения с ударом сзади многократно увеличивается.

4. Анализ публикаций и решение проблемных вопросов. Выводы

Зарубежными авторами применяется два подхода к определению зоны дилеммы — «классическая» и «физическая» (с англ. «classical» и «physical» соответственно) [4].

В отечественной литературе применяется только одно понятие, соответственно, «зона дилеммы» [5]. Обобщенно местоположение зоны дилеммы зарубежными авторами определяется тремя способами (рис. 1). В работах [6, 7] зона дилеммы определяется как расстояние между двумя точками. Первая точка характеризуется тем, что в ней при загорающемся ЖС 90 % всех водителей останавливаются перед стоп-линией, а вторая — тем, что 90 % всех водителей проезжают перекресток схода (соответственно только 10 % водителей останавливаются).

В работе [8] предполагается, что начало зоны дилеммы характеризуется тем, что 85 % всех водителей останавливаются перед стоп-линией в том случае, если у них в распоряжении есть 5 секунд и более до стоп-линии. Конец зоны дилеммы характеризуется точкой, в которой 85 % всех водителей проезжают перекресток, при этом в их распоряжении менее 2 секунд до стоп-линии.

Другие исследователи [9] при определении начала зоны дилеммы базируются на соблюдении безопасной остановочной дистанции, которая главным образом зависит от скорости подхода автомобиля к перекрестку.

Для наглядности местоположение зоны дилеммы, согласно приведенным выше способам, возможно отразить на рис. 1.

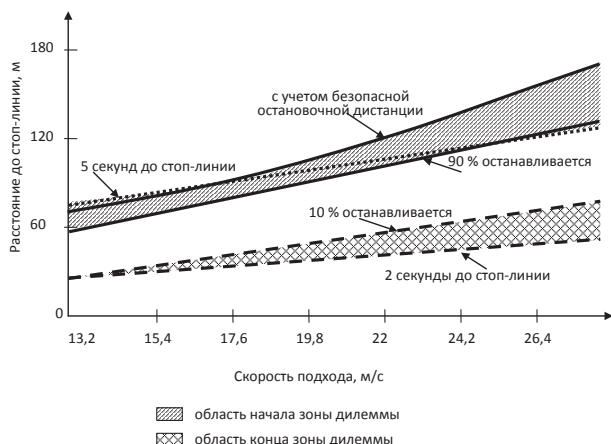


Рис. 1. Определение местоположения начала и конца зоны дилеммы

Визуально по графику можно сравнить имеющиеся способы определения местоположения зоны дилеммы и получить ее среднестатистическое местонахождение. Границы зоны, основанные на безопасной остановочной дистанции, обычно имеют экспоненциальную зависимость. Границы, основанные на времени подъезда к перекрестку, имеют линейную зависимость. Проанализировав рисунок можно сделать вывод, что зона дилеммы имеет примерные границы 5,5 и 2,5 с до стоп-линии. Во многих источниках [6, 7] данные времена приравниваются приблизительно к 90 % и 10 % водителей соответственно. Однако все приведенные выше способы не содержат какой-либо основополагающей методики для определения ее местоположения и являются весьма приблизительными.

В зарубежных работах [4, 10] используется понятие «физической» зоны дилеммы. Применяется модель: автомобиль приближается к РПК со скоростью v и находится на расстоянии $S_{ж}$ — в этот момент загорается ЖС. Водитель располагает возможностями: снизить скорость

и остановиться у стоп-линии или ускориться и проехать РПК на ЖС. В зависимости от расстояния до стоп-линии и скорости движения у водителя нет уверенности в том, что он сможет безопасно остановиться или же проехать РПК до того, как на него войдет транспортный поток (ТП) другой фазы. Если водитель выберет остановку, то он начнет замедляться спустя некоторое время t_p (время реакции водителя). Расстояние, которое пройдет автомобиль, будет включать: расстояние, пройденное за время реакции водителя и расстояние — за время замедления. Чтобы гарантировать безопасную и комфортную остановку должно выполняться неравенство [4, 10]:

$$S_{ж} \geq v \cdot t_p + \frac{v^2}{2j_c}, \quad (1)$$

где $S_{ж}$ — расстояние до стоп-линии в тот момент, когда загорается ЖС, м; v — скорость автомобиля на подходе к перекрестку, м/с; t_p — время реакции водителя, с; j_c — служебное замедление автомобиля, м/с².

Последнее неравенство может использоваться также для определения минимального расстояния до стоп-линии (S_{min}), при котором еще возможна остановка при загорающемся ЖС [10]:

$$S_{min} \geq v \cdot t_p + \frac{v^2}{2j_a}, \quad (2)$$

где j_a — аварийное замедление автомобиля, м/с².

Поэтому, если автомобиль находится на расстоянии меньшем от стоп-линии, чем расстояние S_{min} при загорающемся ЖС, то водитель будет не в состоянии остановиться безопасно. Следовательно, область дороги от стоп-линии до S_{min} — это область, попав в которую при загоревшемся ЖС, водитель не сможет безопасно остановиться (рис. 2).

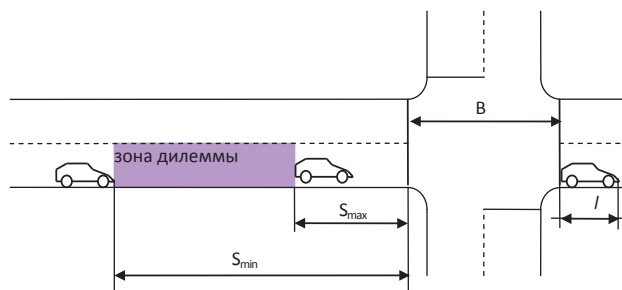


Рис. 2. Изображение областей S_{min} и S_{max} (физическая зона дилеммы)

Если водитель решит ускориться и проехать перекресток, то определение расстояния «очистки» будет базироваться на следующем уравнении, общий вид которого выглядит как [10]:

$$S_{max} = S_{ж} + v \cdot t_p + 0,5a \cdot t_p^2, \quad (3)$$

где S_{max} — расстояние «очистки» или максимальное расстояние до стоп-линии, при котором автомобиль может проехать перекресток в течение действия переходного интервала, м; a — ускорение автомобиля, м/с².

Для того чтобы водитель имел возможность безопасно проехать перекресток должно соблюдаться неравенство [10]:

$$S_{\max} \leq -(B+l) + v \cdot t_{\text{пр}} + \frac{a \cdot (t_{\text{пр}} - t_p)^2}{2}, \quad (4)$$

где B — ширина перекрестка, м; l — длина автомобиля, м; $t_{\text{пр}}$ — продолжительность переходного интервала, с; $(B+l)$ — корректировка по расстоянию, чтобы после проезда перекрестка задняя часть автомобиля находилась вне него, м.

В случае если водитель находится на расстоянии большем от стоп-линии, чем расстояние S_{\max} при загорании ЖС, то он не сможет проехать перекресток за время действия переходного интервала. Поэтому в ситуации, когда $S_{\text{ж}} > S_{\max}$ водитель находится в области, где он не сможет проехать перекресток без риска попасть в столкновение под прямым углом с ТП, начинающим движение.

В данной модели определения местоположения физической зоны дилеммы присутствует следующий ряд недостатков:

- в формуле 4 используется параметр B , обозначающий ширину РПК. Таким образом, когда загорается красный сигнал (КС), автомобиль должен находиться в положении, показанном на рис. 2. Однако данное утверждение представляется не совсем правильным, так как на взгляд автора в данный параметр должно входить все расстояние от стоп-линии до конца второго удаленного пешеходного перехода, то есть данный параметр (B) будет состоять из нескольких составляющих (рис. 3);

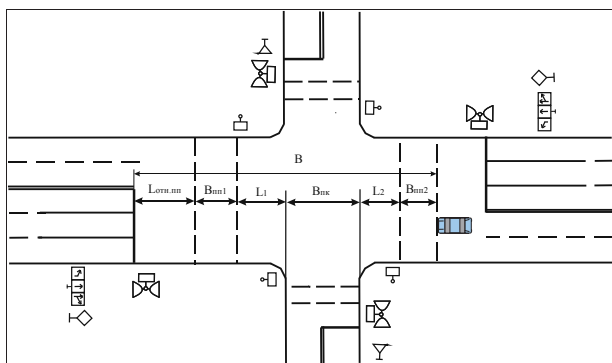


Рис. 3. Механизм определения общего параметра B :

$L_{\text{отп.пп}}$ — величина отнесения первого пешеходного перехода, м;
 $B_{\text{пп1}}$ — ширина первого пешеходного перехода, м;
 L_1 — расстояние от первого пешеходного перехода до границы пересекающей проезжей части, м; $B_{\text{пп}}$ — ширина РПК, м;
 L_2 — расстояние от границы пересекающей проезжей части до второго пешеходного перехода, м; $B_{\text{пп2}}$ — ширина второго пешеходного перехода, м; $(L_{\text{отп.пп}} + B_{\text{пп1}} + L_1 + B_{\text{пп}} + L_2 + B_{\text{пп2}} + l)$ — корректировка по расстоянию, чтобы после проезда перекрестка задняя часть автомобиля находилась вне его, м

- модель задана исключительно критическими расстояниями, что, по мнению автора, не совсем верно, так как отсутствует расстояние, характеризующее движение автомобилей при среднестатистических величинах параметров ТП.

В отечественной литературе [5] зона дилеммы определяется как разность между двумя расстояниями: расстоянием до стоп-линии, необходимым автомобилю для остановки при служебном замедлении ($S_{\min, \text{с}}$), и расстоянием до стоп-линии — при аварийном замедлении (S_{\min}). В данной модели принимается допущение: величина слу-

жебного замедления $j_{\text{с}} = 2 \text{ м/с}^2$. Расстояние до полной остановки у стоп-линии (при выборе водителем решения об остановке при загорающемся ЖС и использовании служебного замедления) в данной методике определяется как:

$$S_{\min, \text{с}} = v \cdot \left(1 + \frac{v}{2j_{\text{с}}} \right). \quad (5)$$

Параметр S_{\min} определяется аналогично с использованием аварийного замедления $j_{\text{а}}$.

Водитель, оказавшийся при включении ЖС на расстоянии большем, чем $S_{\min, \text{с}}$, безопасно остановится у стоп-линии при использовании замедления даже меньше служебного. Если же водитель окажется на расстоянии меньшем, чем S_{\min} , то, в сложившейся ситуации, он располагает единственным верным решением — ускориться и проехать РПК. Если ЖС застанет водителя на расстоянии от стоп-линии меньшем, чем $S_{\min, \text{с}}$, но большем, чем S_{\min} , то, по мнению автора данной методики [5], возникает зона дилеммы, в которой водителем может быть принято любое из двух решений — остановиться или продолжить движение через РПК (рис. 4). Следовательно, длина зоны дилеммы будет определяться как [5]:

$$S_{\text{дл}} = S_{\min, \text{с}} - S_{\min}. \quad (6)$$

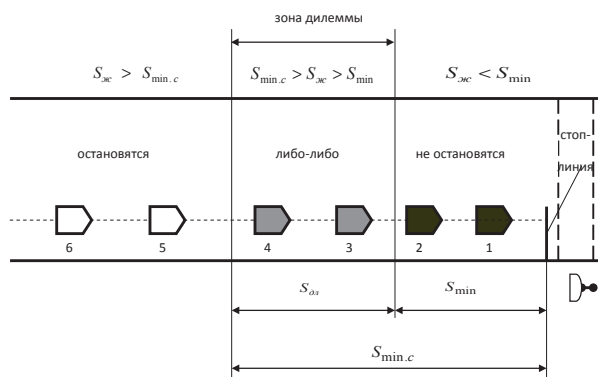


Рис. 4. Зона дилеммы, определяемая расстояниями $S_{\min, \text{с}}$ и S_{\min}

Автомобили 1 и 2 проследуют через стоп-линию без остановки, автомобили 5 и 6 остановятся при служебном замедлении, автомобили 3 и 4, находящиеся в зоне дилеммы, остановятся либо проследуют через РПК

Крупным недостатком данной методики является полное игнорирование максимального расстояния до стоп-линии, при котором автомобиль может проехать РПК в течение действия переходного интервала (S_{\max}). Данный недостаток рассмотрен ниже более подробно.

Автором предлагается ввести определения «инертной» и «активной» зон дилеммы, что в отличие от зарубежной классификации (и отсутствия какой-либо классификации в РБ) будет более точно характеризовать рассматриваемые понятия (а также и зоны перед РПК). «Активная» зона дилеммы основывается на следующем принципе: если водитель попадает в зону дилеммы, то он может выбрать из двух вариантов — продолжить движение через перекресток, либо остановиться перед стоп-линией, причем оба эти варианта безопасны. Понятие «инертной» зоны дилеммы базируется на несколько ином принципе — когда для водителя возникают такие условия

при попадании в зону дилеммы, при которых он не может, как безопасно остановиться, так и проехать безопасно перекресток.

С учетом изложенных выше моделей, при построении усовершенствованной модели попутного движения с целью определения местоположения зоны дилеммы автором статьи усматривается целесообразность использования трех следующих расстояний: S_{\min} , $S_{\min.c}$ и S_{\max} . Это позволит, рассматривая взаимоотношения между ними в различных комбинациях (всего пять), более точно определять возможности водителей в зависимости от расстояния, на котором они находятся до стоп-линии. Это, в свою очередь, в совокупности с предложенными мероприятиями будет сопутствовать как успешной остановке перед стоп-линией (без столкновений с ударом сзади), так и успешному пересечению водителями РПК и предотвращению выездов автомобилей на КС и, следовательно, межфазных аварий.

5. Усовершенствованный метод

Для примера рассмотрим один из основных случаев усовершенствованной модели, характеризующийся соотношением $S_{\max} < S_{\min} < S_{\min c}$ (рис. 5).

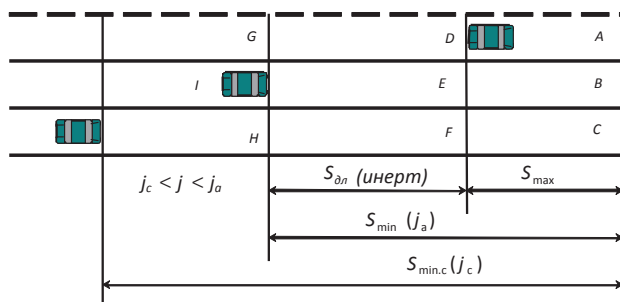


Рис. 5. Расположение зоны дилеммы в случае $S_{\max} < S_{\min} < S_{\min.c}$

Водитель автомобиля, находящегося в зоне А, имеет в своем распоряжении только одно единственно верное решение, то есть — проезд РПК (так как до стоп-линии он уже безопасно остановиться не сможет). Водитель автомобиля, находящегося на расстоянии до стоп-линии меньше, чем S_{\min} , то есть в зоне Е (не говоря уже о зоне В), также до стоп-линии безопасно остановиться не успеет. Если автомобиль находится на расстоянии $(S_{\min.c} - S_{\min})$ от стоп-линии — в зоне Н, то водитель сможет аварийно остановиться при замедлении $j_c < j < j_a$ (то есть меньше аварийного, но больше служебного). При нахождении на расстоянии $S_{\min.c}$ и более, водитель сможет остановиться с замедлением j_c и $j < j_c$ соответственно. В зоне D возникает инертная зона дилеммы, то есть водитель не сможет проехать безопасно РПК, так как находится на расстоянии до стоп-линии больше, чем S_{\max} , и не сможет безопасно остановиться у стоп-линии, так как находится на расстоянии меньше, чем S_{\min} . Следовательно, в данном случае зона дилеммы ограничена расстояниями S_{\min} и S_{\max} . Остальные комбинации расстояний усовершенствованной модели рассмотрены ниже.

Не принятие в расчет расстояния S_{\max} в модели [5] приводит к завершению проезда РПК автомобилями на КС (или даже к выезду на РПК на КС), что провоцирует межфазные столкновения (по статистике США на дан-

ный вид приходится 15 % аварий от общего их числа на РПК [10]; согласно анализу аварийности в г. Гомеле (РБ) в 2008 г. таких аварий было зарегистрировано 8,5 % [3]). А согласно, опять же, теории, изложенной в отечественной работе, она заставляет водителей, попавших в зоны А и D (рис. 5), проезжать РПК. Рассмотрение данного вопроса показывает, что водитель, попавший в зону А, проехать РПК за время переходного интервала успеет, а вот попавший в зону D — безопасно этого сделать уже не сможет.

В данной модели [5] используется понятие только самой «зоны дилеммы», однако, на взгляд автора, это понятие очень обобщенное, так как при различных комбинациях используемых расстояний перед стоп-линией возникает несколько зон с различными характеристиками и, находясь в которых водители должны принять одно из решений. Еще одной неточностью является упрощение касательно времен, подразумеваемых в формуле 5. Здесь речь идет о сумме времени реакции, времени запаздывания срабатывания тормозного привода и времени нарастания замедления, взятые за 1 с, что несколько искажает результат. Величина служебного замедления, взятая для расчетов и равная $j_c = 2 \text{ м/с}^2$, также является устаревшей величиной. Это утверждение доказали экспериментальные исследования проведенные автором с помощью прибора «Эффект» по г. Гомелю (РБ) на протяжении 2011 года. Было установлено, что $j_c = 3,28 \text{ м/с}^2$ [3].

Рассмотрим остальные комбинации усовершенствованной модели. На рис. 6 изображен случай, когда $(S_{\max} = S_{\min}) < S_{\min c}$.

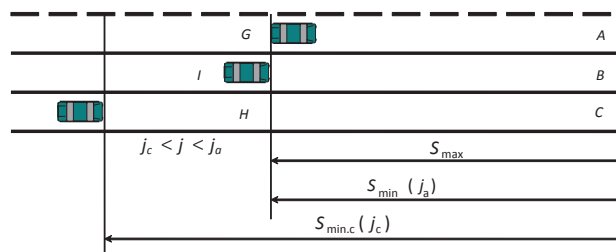


Рис. 6. Зона дилеммы отсутствует в случае $(S_{\max} = S_{\min}) < S_{\min.c}$

Водитель автомобиля, находящегося в зоне А, имеет единственную возможность — проезд РПК, а водитель автомобиля, находящегося на расстоянии S_{\min} до стоп-линии (в зоне I) может успеть остановиться при использовании аварийного замедления. В зоне Н водитель имеет возможность остановиться с замедлением $j_c < j_{j_a}$. На расстоянии $S_{\min,c}$ и более водитель остановится с замедлением j_c и $j < j_c$ соответственно. В данном варианте зона дилеммы отсутствует. Если аварии будут происходить при таких условиях, то естественно они будут являться следствием грубых ошибок водителей (или их нерешительности в принятии решений), так как в данном случае зона дилеммы на принятие водителями решений не влияет.

На рис. 7 изображен случай, когда $S_{\min} < S_{\max} < S_{\min.c}$. Водитель, находящийся на расстоянии S_{\max} и менее, то есть в зонах А или D, имеет возможность проехать РПК. Если автомобиль находится на расстоянии $(S_{\min.c} - S_{\min})$ до стоп-линии — в зонах I или E, то водитель сможет остановиться при замедлении $j_c < j_a$. В данном случае зона дилеммы возникает в зоне E, причем активная (то

есть водитель имеет возможность как проехать РПК, так и остановиться с замедлением $j_1 < j < j_a$. Водитель автомобиля, находящегося в зоне Н, имеет единственную возможность — остановиться с замедлением $j_c < j < j_1$. Данный случай также безопасен, так как присутствует активная зона дилеммы (в зоне Е). Здесь, так же как и в предыдущем случае, аварии случаются по вине водителей из-за грубых нарушений ими Правил или их нерешительности (сначала начал разгоняться, чтобы проехать РПК, однако затем передумал и предпринял резкое торможение).

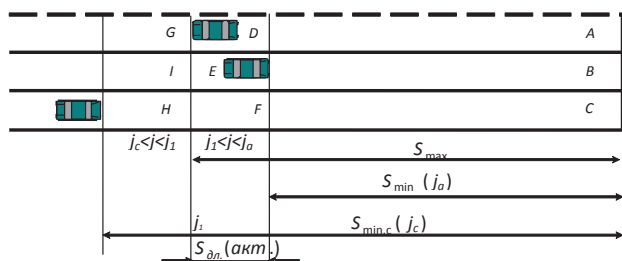


Рис. 7. Расположение зоны дилеммы в случае $S_{\min} < S_{\max} < S_{\min,c}$

На рис. 8 изображен случай, когда $(S_{\max} = S_{\min,c}) > S_{\min}$.

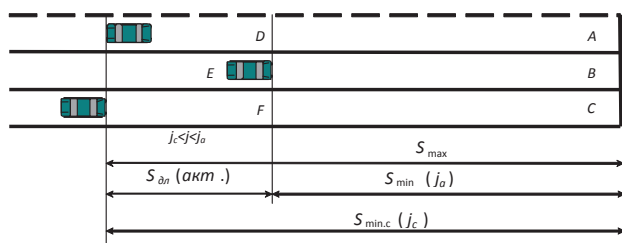


Рис. 8. Расположение зоны дилеммы в случае $(S_{\max} = S_{\min,c}) > S_{\min}$

Водитель, находящийся на расстоянии S_{\max} и менее, так же, как и в предыдущем случае, имеет возможность проехать РПК. Водитель, находящийся на расстоянии S_{\min} — остановится перед стоп-линией при использовании аварийного замедления j_a , но, находящийся уже в зоне В — безопасно остановиться не успеет. Водитель автомобиля — в зоне F — остановится с замедлением $j_c < j < j_a$. Зона дилеммы возникает в зоне Е, причем также активная. Если автомобиль находится в данной зоне, то водитель имеет возможность как безопасной остановки у стоп-линии, так и безопасного проезда РПК. Присутствие активной зоны дилеммы позволяет отнести этот случай к разряду безопасных — то есть, в каждой зоне, изображенной на рисунке, водитель имеет как минимум одно верное решение, которое не приведет к аварии, а в определенных зонах — он может выбрать любое из двух безопасных решений.

На рис. 9 приведен случай, когда $S_{\min} < S_{\min,c} < S_{\max}$.

Водитель автомобиля, находящегося на расстоянии S_{\max} и менее, то есть в зонах А, D или G, имеет возможность проехать РПК. Водитель — на расстоянии S_{\min} — остановится перед стоп-линией при использовании замедления j_a , но находящийся уже в зоне В — остановиться безопасно не сможет. Водитель, находящийся в зоне F, остановится с замедлением $j_c < j < j_a$. Первая зона дилеммы (активная) возникает в зоне I. Водитель, находящийся в этой зоне, имеет две возможности: про-

ехать РПК или остановиться с замедлением $j_2 < j < j_c$, причем оба варианта безопасны. Вторая зона дилеммы (также активная) возникает в зоне Е, попав в которую водитель может как проехать РПК, так и остановиться с замедлением $j_c < j < j_a$ — причем и эти два варианта также безопасны.

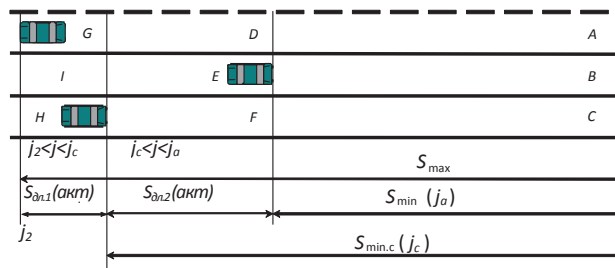


Рис. 9. Расположение зоны дилеммы в случае $S_{\min} < S_{\min,c} < S_{\max}$

Таким образом, самым безопасным с точки зрения влияния зоны дилеммы, является второй случай (рис. 6), так как в нем отсутствует зона дилеммы. Остальные случаи (рис. 7—9) также в какой-то мере являются безопасными, так как в них имеет место активная зона дилеммы. В данных случаях зона дилеммы не влияет на выбор водителей, потому что они могут выбрать как безопасную остановку, так и безопасный проезд РПК. Аварии в данных случаях могут произойти только по причине неуверенных действий водителей, например, когда водитель решил сначала ускориться и проехать РПК, а затем резко затормозить и остановиться у стоп-линии по причине неуверенности в том, что сможет проехать РПК за время переходного интервала.

Самым опасным с точки зрения аварийности является первый случай, так как имеет место инертная зона дилеммы в зоне D (как показал анализ РПК в г. Гомеле — таких РПК большинство). В данной зоне водитель автомобиля не сможет безопасно остановиться, так как ему при выборе остановки придется применить аварийное замедление — и с большой вероятностью произойдет выезд автомобиля на территорию пешеходного перехода. Такие ситуации и провоцируют столкновение с ударом сзади (а в случае выезда на пешеходный переход при торможении — и наезда на пешехода). Также в этой зоне водитель не сможет, не создавая помех другому потоку, проехать РПК (при выборе водителем данного решения), так как будет проезжать часть его (или весь целиком) на КС, что, в свою очередь, может стать причиной как столкновений под углом 90°, так и наездов на пешеходов (к примеру, на отдаленном пешеходном переходе).

Литература

1. Ноздричев А. В. Разработка блока оптимальной сигнализации торможения двигателем [Текст]: дис. ...канд. техн. наук / А. В. Ноздричев. — Курган, 2001. — 164 с.
2. Traffic signal timing manual. P. N.: FHWA-HOP-08-024. JUNE 2008. — Washington: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2008. — 274 p.
3. Ходоскин Д. П. Исследование замедления и начальной скорости торможения на регулируемых перекрестках. [Текст] / Д. П. Ходоскин // Политранспортные

системы: материалы VII Всерос. науч.-техн. конф., Красноярск, 25–27 ноября 2010 г. — Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010 г. — 659 с. — С. 578–583.

4. Evaluation of advance warning signals on high speed signalized intersections (MPC-03-155).
5. Врубель Ю. А. Организация дорожного движения [Текст] / Ю. А. Врубель. В 2 ч. — Мн. : Фонд БДД, 1996. — 634 с.
6. ITE Technical Committee 18 (P.S. Parsonson, Chair). «Small-Area Detection at Intersection Approaches.» Traffic Engineering. Institute of Transportation Engineers, Washington, D.C., February 1974, pp. 8–17.
7. Zegeer C. V., Deen R. C. «Green-Extension Systems at High-Speed Intersections.» ITE Jornal. Institute of Transportation Engineers, Washington. D.C. November, 1978, pp. 19–24.
8. Chang V. S., Messer C. J., Santiago A. J. «Timing Traffic Signal Change Intervals Based on Driver Behavior» Transportation Research Record No 1027. Transportation Research Board. National Research Council, Washington, D.C., 1985, pp. 20–30.
9. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. American Association of State and Highway Transportation Officials, Washington, D.C., 2004.
10. Traffic detector handbook. P.N.: FHWA-HRT-06-108. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2006. — 243 p.

У роботі представлена просторова математична модель процесу гальмування колісного трактора Fendt 926 Vario, що включає опис руху невідпружених і відпружених мас, модель взаємодії еластичних коліс з опорною поверхнею, яка дозволяє досліджувати вплив різноманітних чинників на процес гальмування трактора.

Ключові слова: математична модель, гальмування, колісний трактор.

В работе представлена пространственная математическая модель процесса торможения колесного трактора Fendt 926 Vario, которая включает описание движения неподдрессоренных и поддрессоренных масс, модель взаимодействия эластичных колес с опорной поверхностью, позволяющая исследовать влияние разнообразных факторов на процесс торможения трактора.

Ключевые слова: математическая модель, торможение, колесный трактор.

The spatial mathematical model of process of braking of the wheeled tractor Fendt 926 Vario is presented, which includes description of motion of unsprung and sprung the masses, model of co-operation of elastic wheels with an ground and allows to probe influence of various factors on the dynamics of process of braking of the wheeled tractor.

Keywords: mathematical model, braking, wheeled tractor.

УДК 629.30

ПРОСТОРОВА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА FENDT 926 VARIO

А. І. Бондаренко

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра «Автомобіле- і тракторобудування»
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут»,
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна 61002
Контактний тел.: (057) 741-53-66, 095-86-74-478
E-mail: anatoliybon@rambler.ru

Вступ

Із року в рік на наших дорогах збільшується кількість сучасних колісних тракторів, максимальна швидкість яких перевищує 40 км/год (Valtra T 191h, MT645C, Fendt 926 Vario — 50 км/год, Fendt 936 має дозволена максимальну швидкість 60 км/год, Fastrac — 80 км/год).

У зв'язку з тенденціями, що намітилися (збільшення кількості тракторів, підвищення швидкостей їх руху), необхідно більше уваги приділяти дослідженню процесу гальмування колісних тракторів, підвищенню їх керованості та стійкості.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Дослідженню процесу гальмування тракторів з використанням «плоскої» моделі трактора присвячені роботи Гуськова В. В., Шепеленка Г. М., Грибка Г. П. та ін. [1–3].

Використання «плоскої» моделі дозволяє розкрити фізичну суть процесів і встановити вплив різноманітних факторів (конструктивних параметрів) на динаміку гальмування трактора. Така модель дозволяє одержати достатньо точний якісний опис динаміки трактора за умови дії порівняно малих бічних сил.